

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000242357 A

(43) Date of publication of application: 08.09.00

(51) Int. Cl. G06F 1/04
G06F 1/32

(21) Application number: 11031426

(22) Date of filing: 09.02.99

(71) Applicant: INTERNATL BUSINESS MACH
CORP <IBM>

(72) Inventor: KAWAHARA KATSUYUKI
MIYAMURA TSUYOSHI
MARUICHI TOMOKI
SUGAWARA TAKASHI

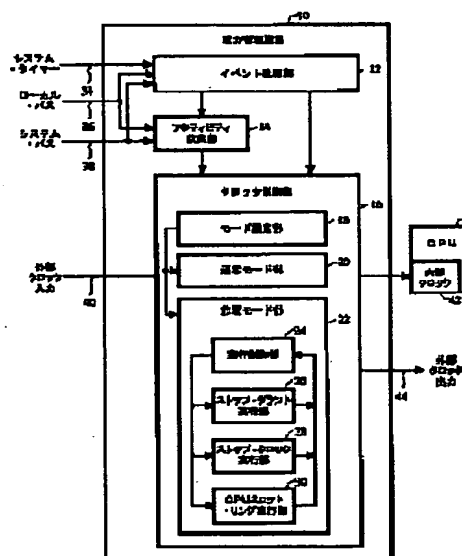
(54) DEVICE AND METHOD FOR POWER
MANAGEMENT OF COMPUTER SYSTEM

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the power consumption of the system by performing no unnecessary CPU throttling by the power management device which performs CPU throttling.

SOLUTION: The power management device 10 comprises an event detection part 12 which detects an event in the system, an activity detection part 14 which decides whether the system is in an idle or active state by checking activities in the system, and a clock control part 16 which performs CPU clock control. The clock control part 16 stops the CPU throttling when the system is in the idle state and performs the throttling only when the system is in a busy state, so that no unnecessary CPU throttling is performed.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-242357
(P2000-242357A)

(43) 公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル (参考)
G 0 6 F 1/04	3 0 1	G 0 6 F 1/04	3 0 1 C 5 B 0 1 1
1/32		1/00	3 3 2 Z 5 B 0 7 9

審査請求 有 請求項の数18 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-31426

(22) 出願日 平成11年2月9日(1999.2.9)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (落地名なし)

(72) 発明者 河 原 功 志

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内

(74) 代理人 100086243

弁理士 坂口 博 (外1名)

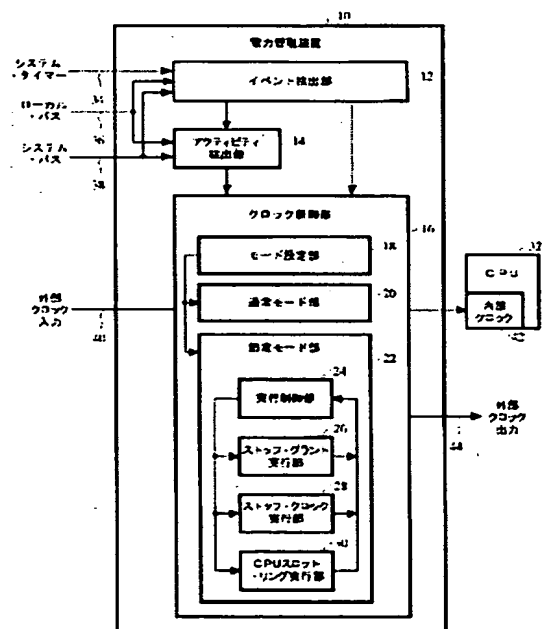
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンピュータ・システムにおける電力管理装置および電力管理方法

(57) 【要約】

【課題】 CPUスロットリングを行なう電力管理装置において、不必要なCPUスロットリングを行なわないようにして、システムの消費電力を削減する。

【解決手段】 電力管理装置10は、システム内のイベントを検出するイベント検出部12と、システム内のアクティビティを調べてシステムがアイドル状態にあるか、ビジー状態にあるかを判定するアクティビティ検出部14と、CPUクロック制御を実行するクロック制御部16とから成る。クロック制御部16は、CPUスロットリングを、システムがアイドル状態にあるときには停止させ、ビジー状態のときにのみ行なうことにより、不必要なCPUスロットリングを行なわない。これにより、システムの消費電力を大幅に削減することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理装置であって、システム内のイベントを検出するイベント検出部と、前記イベント検出部がイベントを検出したときにシステム内のアクティビティの有無を調べてシステムがビジー状態にあるか、アイドル状態にあるかを判定するアクティビティ検出部と、システムがビジー状態にあるときにCPUスロットリングを開始し、システムがアイドル状態にあるときにCPUスロットリングを停止するクロック制御部とを含むコンピュータ・システムにおける電力管理装置。

【請求項2】請求項1において、前記クロック制御部が、さらにストップ・グラント実行部と、ストップ・クロック実行部と、CPUスロットリング実行部とを含み、前記ストップ・グラント実行部が、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れ、前記ストップ・クロック実行部が、システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れ、前記CPUスロットリング実行部が、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始し、システムがストップ・クロック状態からシステム・タイマーによって復帰したときにCPUスロットリングを停止するコンピュータ・システムにおける電力管理装置。

【請求項3】請求項2において、前記CPUスロットリング実行部が、システムがストップ・グラント状態から復帰したとき、および、システムがストップ・クロック状態からシステム・タイマー以外のイベントによって復帰したときにCPUスロットリングを開始し、システムがストップ・クロック状態からシステム・タイマーによって復帰したときにCPUスロットリングを停止するコンピュータ・システムにおける電力管理装置。

【請求項4】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理装置であって、オペレーティング・システムが発するアイドルの通知を検出するイベント検出部と、アイドルの通知を検出したときに、システムのアクティビティを調べ、アクティビティが存在する場合にはシステムはビジー状態にあると判断し、アクティビティが存在しない場合にはシステムはアイドル状態にあると判断するアクティビティ検出部と、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れるストップ・グラント実行部と、

システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れるストップ・クロック実行部と、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始し、ストップ・クロック状態から復帰したときには、復帰した要因となったイベントを調べ、ストップ・クロック状態から復帰した要因としてシステム・タイマー以外のイベントが検出された場合にCPUスロットリングを開始し、システム・タイマーが検出された場合にCPUスロットリングを停止するCPUスロットリング実行部とを備えたクロック制御部とを含むコンピュータ・システムにおける電力管理装置。

【請求項5】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理方法であって、システムがビジー状態にあるのか、アイドル状態にあるのかを判定するステップと、システムがビジー状態にあるときに、CPUスロットリングを開始するステップと、システムがアイドル状態にあるときに、CPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理方法。

【請求項6】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理方法であって、システムがビジー状態にあるのか、アイドル状態にあるのかを判定するステップと、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れるステップと、システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れるステップと、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、システムがストップ・クロック状態からシステム・タイマーによって復帰したときに、CPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理方法。

【請求項7】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理方法であって、システムがビジー状態にあるのか、アイドル状態にあるのかを判定するステップと、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れるステップと、システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れるステップと、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、システムがストップ・クロック状態からシステム・タイ

マー以外のイベントによって復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、システムがストップ・クロック状態からシステム・タイマーによって復帰したときに、CPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理方法。

【請求項8】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理方法であって、オペレーティング・システムが発するアイドルの通知を検出するステップと、アイドルの通知を検出したときに、システムのアクティビティを調べ、アクティビティが存在する場合にはシステムはビジー状態にあると判断し、アクティビティが存在しない場合にはシステムはアイドル状態にあると判断するステップと、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れるステップと、システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れるステップと、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、ストップ・クロック状態から復帰したときには、復帰した要因となったイベントを調べるステップと、ストップ・クロック状態から復帰した要因としてシステム・タイマー以外のイベントが検出された場合にCPUスロットリングを開始し、システム・タイマーが検出された場合にCPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理方法。

【請求項9】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理方法であって、オペレーティング・システムが発するアイドルの通知を検出するステップと、アイドルの通知を検出しないときに、ビジー状態にあると判断してCPUスロットリングを開始するステップと、アイドルの通知を検出したときに、システムのアクティビティを調べ、アクティビティが存在する場合にはシステムはビジー状態にあると判断し、アクティビティが存在しない場合にはシステムはアイドル状態にあると判断するステップと、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れるステップと、システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れるステップと、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、ストップ・クロック状態から復帰したときには、復帰した要因となったイベントを調べるステップと、

ストップ・クロック状態から復帰した要因としてシステム・タイマー以外のイベントが検出された場合にCPUスロットリングを開始し、システム・タイマーが検出された場合にCPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理方法。

【請求項10】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを記録したコンピュータ読み込み可能な記録媒体であって、システムがビジー状態にあるか、アイドル状態にあるのかを判定するステップと、システムがビジー状態にあるときに、CPUスロットリングを開始するステップと、システムがアイドル状態にあるときに、CPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを記録したコンピュータ読み込み可能な記録媒体。

【請求項11】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを記録したコンピュータ読み込み可能な記録媒体であって、システムがビジー状態にあるか、アイドル状態にあるのかを判定するステップと、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れるステップと、システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れるステップと、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、システムがストップ・クロック状態からシステム・タイマーによって復帰したときに、CPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを記録したコンピュータ読み込み可能な記録媒体。

【請求項12】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを記録したコンピュータ読み込み可能な記録媒体であって、システムがビジー状態にあるか、アイドル状態にあるのかを判定するステップと、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れるステップと、システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れるステップと、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、システムがストップ・クロック状態からシステム・タイマー以外のイベントによって復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、システムがストップ・クロック状態からシステム・タイ

マーによって復帰したときに、CPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを記録したコンピュータ読み込み可能な記録媒体。

【請求項13】CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを記録したコンピュータ読み込み可能な記録媒体であって、オペレーティング・システムが発するアイドルの通知を検出するステップと、アイドルの通知を検出したときに、システムのアクティビティを調べ、アクティビティが存在する場合にはシステムはビジー状態にあると判断し、アクティビティが存在しない場合にはシステムはアイドル状態にあると判断するステップと、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れるステップと、システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れるステップと、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、ストップ・クロック状態から復帰したときには、復帰した要因となったイベントを調べるステップと、ストップ・クロック状態以外のイベントが検出された場合にCPUスロットリングを開始し、システム・タイマーが検出された場合にCPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを記録したコンピュータ読み込み可能な記録媒体であって、オペレーティング・システムが発するアイドルの通知を検出するステップと、アイドルの通知を検出しないときに、ビジー状態にあると判断してCPUスロットリングを開始するステップと、アイドルの通知を検出したときに、システムのアクティビティを調べ、アクティビティが存在する場合にはシステムはビジー状態にあると判断し、アクティビティが存在しない場合にはシステムはアイドル状態にあると判断するステップと、システムがビジー状態にある場合、システムをストップ・グラント状態に入れるステップと、システムがアイドル状態にある場合、システムをストップ・クロック状態に入れるステップと、システムがストップ・グラント状態から復帰したときに、CPUスロットリングを開始するステップと、ストップ・クロック状態から復帰したときには、復帰した要因となったイベントを調べるステップと、

ストップ・クロック状態から復帰した要因としてシステム・タイマー以外のイベントが検出された場合にCPUスロットリングを開始し、システム・タイマーが検出された場合にCPUスロットリングを停止するステップとを含むコンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを記録したコンピュータ読み込み可能な記録媒体。

【請求項15】オペレーティング・システムを格納した第1の記憶装置と、

請求項10から14のうちの1項による記録媒体としての第2の記憶装置とを含み、

前記オペレーティング・システムの制御の下で、前記第2の記憶装置に記録されている、コンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを実行して、CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう電力管理装置を構成するコンピュータ・システム。

【請求項16】CPUと、前記CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行う電力管理装置と、

オペレーティング・システムを格納した記憶装置と、請求項10から14のうちの1項による記録媒体の記録内容を読み込むことのできる記録媒体読み取り装置とを含み、

前記オペレーティング・システムの制御の下で、前記記録媒体読み取り装置が読み込んだ、コンピュータ・システムにおける電力管理プログラムを実行して、前記電力管理装置を再構成するコンピュータ・システム。

【請求項17】請求項15において、前記記録媒体読み取り装置が、可搬記録媒体読み取り装置であるコンピュータ・システム。

【請求項18】請求項15において、前記記録媒体読み取り装置が、ネットワーク接続装置であるコンピュータ・システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コンピュータ・システムにおける電力管理装置および電力管理方法に関する。特に、CPUスロットリングを最適化した電力管理装置および電力管理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータ・システムの消費電力を低減させるために多くの努力がなされてきた。その結果、種々の低消費電力化技術が開発されてきた。その一つにCPUクロックを制御する手法がある。CPUクロック制御手法には、大きく分けて、ストップ・グラント、ストップ・クロック、およびCPUスロットリング、の3通りの手法がある。

【0003】(1)ストップ・グラントは、外部クロックを動作させたままCPUの内部クロックのみ止める手法である。アクティブ状態へは1 μ s以下の時間でアク

ティブ状態へ復帰することができる。

(2) ストップ・クロックは、CPUの内部クロックに加え外部クロックも停止させる手法である。ストップ・グラントよりもさらに消費電力を抑えることができる。しかし、外部クロックも止まってしまうから、アクティブ状態へ復帰するのに0.5~1msの時間を必要とする。

(3) CPUスロットリングは、ストップ・グラント状態とアクティブ状態との間を交互に定期的に遷移することにより、擬似的にCPUの動作周波数を低くして消費電力を抑える手法である。

【0004】実際の適用に当たっては、通常、次の2つの方法のどちらか一方を採用する。

(a) 上記(1)~(3)の手法のうちの一つを単独で使う。

(b) CPUスロットリングを行ないながら、ストップ・クロックまたはストップ・グラントを実行する。しかしながら、アクティビティが多い状況の下では、オペレーティング・システム(OS)がアイドルの通知を発しなくなるから、ストップ・グラントまたはストップ・クロックに入る契機が得られない。したがって、アクティビティが多い状況下では、ストップ・グラントまたはストップ・クロックを実行するのは事実上不可能である。このような状況下においても低消費電力化を実現するためには、OSによる制約を受けないハードウェアによって制御することのできるCPUスロットリングを実行する必要がある。CPUスロットリングを実行させるか否かの選択は、システムの初期設定においてユーザが行なう。

【0005】ユーザがシステムの初期設定においてCPUスロットリングを選択した場合におけるCPUクロック制御手法の動作を、図4に示すフローチャートを参照しながら説明する。電源投入時、システムはCPUスロットリングを行なっている(ステップS1)。このとき、OSがアイドルの通知(CPUアイドル・コール)を発すると(ステップS2)、システムはCPUスロットリングを停止し、ストップ・クロックまたはストップ・グラントのどちらかの状態に遷移する。どちらの状態に遷移するかを決めるためにアクティビティの有無を判定する(ステップS3)。アクティビティが無い場合(No)は、ストップ・クロック状態に遷移する(ステップS4)。アクティビティが有る場合(Yes)は、ストップ・グラント状態に遷移する(ステップS5)。ストップ・クロック状態(ステップS4)またはストップ・グラント状態(ステップS5)にあるときにストップ・ブレイク・イベントが発生すると(ステップS6)、システムはアクティブ状態に復帰し、CPUスロットリングを再開する(ステップS1)。以後、上記のステップを繰り返す。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】プロセスが存在しないときなどのように、システムのアクティビティがほとんど無くなる状態は、アイドル状態と呼ばれる。ユーザがCPUパワーを余り必要としないタスクを実行しているときなどには、システム駆動時間の大部分はユーザからの入力を待つだけのアイドル状態によって占められている。したがって、コンピュータ・システムの低消費電力化は、アイドル状態における消費電力の抑制が鍵を握っている。

【0007】図5は、システムがアイドル状態にあるときにCPUスロットリングを実行した場合におけるCPUの状態の推移の例を示す図である。図5には、スロットリング・デューティが100%、50%、25%、および12.5%の各場合が示してある。上述したように、CPUスロットリングは、CPUがアクティブ状態とストップ・グラント状態との間を周期的に遷移することによって行なわれる。スロットリング・デューティとは、CPUがCPUスロットリング中にアクティブ状態およびストップ・グラント状態にある合計期間に対するアクティブ状態にある期間の割合のことである。したがって、スロットリング・デューティ100%の場合、CPUは全期間アクティブ状態にある。逆に言うと、ストップ・グラント期間が零の場合であるから、CPUスロットリングを行なっていない場合である。スロットリング・デューティ50%の場合、CPUは合計期間の1/2の期間だけアクティブ状態にある。スロットリング・デューティ25%の場合、CPUは合計期間の1/4の期間だけアクティブ状態にある。スロットリング・デューティ12.5%の場合、CPUは合計期間の1/8の期間だけアクティブ状態にある。システムの低消費電力化の観点からは、スロットリング・デューティは小さい方が有利である。なぜならば、スロットリング・デューティが小さいほどCPUがアクティブ状態にある期間の割合が小さくなるからである。横軸には時間tとともにシステム・タイマーTが表示してある。

【0008】ストップ・クロック状態は、上述したように外部クロックも止めるので、最も消費電力を抑えることができる。しかしながら、図5から分かるように、CPUスロットリングを行なうとストップ・クロック状態に入っている時間が短くなってしまふ。しかも、スロットリング・デューティを小さくするほど短くなってしまふ。すなわち、システムを低消費電力化するためにCPUスロットリングを行なうと、消費電力はかえって増大してしまふ。しかも、さらなる低消費電力化を目指してスロットリング・デューティを小さくするほど、消費電力は逆に増大してしまふ。

【0009】システムは、ストップ・ブレイク・イベントによってストップ・グラント状態またはストップ・クロック状態からアクティブ状態に復帰する。システムがアイドル状態にあるときは、システムをストップ・クロ

ックから復帰させるストップ・ブレイク・イベントはシステム・タイマーTによる割り込みのみである。システム・タイマーTは周期的に発生する。その周期はOSによって異なる。例えば、Windows 95（商標）では13.75ms、Windows 98（商標）では5msである。したがって、Windows 95（商標）とWindows 98（商標）とでは、システム・タイマー周期Tに対してストップ・クロック状態が占める割合が異なる。

【0010】図6は、システム・タイマーの違いによるCPUの状態の占有率を示す図である。図6(a)はWindows 95（商標）の場合、図6(b)はWindows 98（商標）の場合をそれぞれ示している。図6が示すように、Windows 98（商標）においてスロットリング・デューティを12.5%に設定すると、ストップ・クロック状態が占める時間は50%近くまでに減少してしまう。

【0011】図5および図6から、次のことが言える。

(1) CPUスロットリングにおいてスロットリング・デューティを小さくすると、ストップ・クロック状態が占める割合が小さくなる。

(2) システム・タイマーの周期Tが小さい方が、ストップ・クロック状態が占める割合は小さくなる。

【0012】上述したように、ストップ・クロック状態が占める割合が大きい方が消費電力を削減する効果大きい。しかしながら、上記(1)および(2)は、従来の技術によってCPUスロットリングを行なうと、ストップ・クロック状態が占める割合が小さくなってしまふことを示している。したがって、従来の技術には、システムがアイドル状態にあるときにCPUスロットリングを行なうと、却って消費電力が増大してしまう、という課題があった。

【0013】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものである。本発明の目的は、CPUスロットリングの実行形態を制御することによって、コンピュータ・システムの低消費電力化を効果的に実現することのできる、コンピュータ・システムにおける電力管理装置および電力管理方法を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に係る、コンピュータ・システムにおける電力管理装置は、CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理装置であって、イベント検出部と、アクティビティ検出部と、クロック制御部とを含むように構成する。イベント検出部は、システム内のイベントを検出する。アクティビティ検出部は、イベント検出部がイベントを検出したときにシステム内のアクティビティの有無を調べてシステムがビジー状態にあるか、アイドル状態にあるのかを判定する。クロック制御部は、アクティビティ検出部の判定

結果に基づいて、システムがビジー状態にあるときにCPUスロットリングを開始し、システムがアイドル状態にあるときにはCPUスロットリングを停止する。

【0015】本発明に係る、コンピュータ・システムにおける電力管理方法は、CPUの動作周波数を擬似的に低下させるCPUスロットリングを行なう、コンピュータ・システムにおける電力管理方法である。まず、システムがビジー状態にあるのか、アイドル状態にあるのかを判定する。その結果、システムがビジー状態にあるときに、CPUスロットリングを開始する。システムがアイドル状態にあるときに、CPUスロットリングを停止する。

【0016】本発明に係るコンピュータ・システムにおける電力管理方法は、種々のプログラミング言語を用いてプログラムにすることができる。そして、このプログラムは、コンピュータ読み込み可能な記録媒体に記録することができる。

【0017】以上のように、本発明に係る、コンピュータ・システムにおける電力管理装置および電力管理方法は、CPUスロットリングを、システムがアイドル状態にあるときには停止させ、ビジー状態のときにのみ行なうように構成したので、不必要なCPUスロットリングが行なわれないから、システムの消費電力を大幅に削減することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の一形態を説明する。コンピュータ・システムの消費電力を削減する技術の一つにCPUクロックを制御する手法がある。CPUクロック制御手法には、大きく分けて、ストップ・グラント、ストップ・クロック、およびCPUスロットリング、の3通りの手法がある。

【0019】(1) ストップ・グラントは、外部クロックを動作させたままCPUの内部クロックのみを止める手法である。ソフトウェア（通常、APM BIOS; advanced power management; basic input/output system）によってこの状態に入り、ハードウェア割り込み要求（IRQ; interrupt request）などのハードウェア・イベントによって復帰する。内部クロックが止まっているだけであり、外部クロックは動作しているから、アクティブ状態へは1μs以下の時間で復帰することができる。

【0020】(2) ストップ・クロックは、内部クロックに加え外部クロックも停止させることにより、ストップ・グラントよりもさらに消費電力を抑えることのできる手法である。この状態においては、AGP (accelerated graphics port) のビデオチップやSDRAM (synchronous dynamic random access memory) なども機能を停止するから、これらのチップを搭載しているシステムでは消費電力をさらに低減させることができる。その他の機構はストップ・グラントと同様である。すなわち、ソ

フトウェアによってこの状態に入り、ハードウェア・イベントによって復帰する。しかしながら、ストップ・クロックは外部クロックも止める手法であるから、アクティブ状態へ復帰する時に外部クロックが安定して動作するのを待つ時間が必要であるから、少なくとも500 μ s~1msの遅延が生じる。したがって、ストップ・クロックは十分注意して使用する必要がある。さもないと、パフォーマンスの著しい低下やシステムハングのような問題を引き起こしてしまう。

【0021】(3) CPUスロットリングは、ストップ・グラント状態とアクティブ状態(CPUが動作している状態)とをハードウェアの働きによって定期的に繰り返すことにより、擬似的にCPUの動作周波数を低くして消費電力を抑える手法である。この手法には、アクティビティを伴うイベント(ハードウェア割り込み要求(IRQ)やデータ転送要求(DRQ)などのハードウェア・イベント)が発生した場合、一定時間スロットリングを止めるバースト・モードというモードも存在する。

【0022】実際の適用に当たっては、通常、次の2つの方法のうちのどちらか一方を採用する。

(a) 上記(1)~(3)の手法のうちの一つを単独で使う。

(b) CPUスロットリングを行ないながら、ストップ・クロックまたはストップ・グラントを実行する。

【0023】通常、ストップ・グラントおよびストップ・クロックは、オペレーティング・システム(OS)がCPUアイドルを呼ぶこと(CPU idle call)によって、APM BIOSが実行する。CPUスロットリングは、CPUの実行速度を落としてでも消費電力を低減させたいときに使う(例えば、バッテリーによって駆動するノートブック型パーソナルコンピュータ(PC)の場合、温度が高くなるとバッテリーの寿命が短くなるので、高温環境下ではCPUスロットリングを使う。また、商用電源が得られないモバイル環境下においてバッテリー駆動時間を長くしたいときにもCPUスロットリングを使う)。

【0024】しかしながら、アクティビティの数が多い状況の下では、OSがアイドルの通知を発行しなくなる(あるいは、OSからCPUアイドル・コールが来なくなる)から、ストップ・グラントまたはストップ・クロックを実行するのは不可能である。このような状況下においてもシステムの低消費電力化を実現するためには、ハードウェアによって制御することのできるCPUスロットリングを実行する必要がある。

【0025】図1は、本発明の実施の一形態に係る電力管理装置を示す図である。電力管理装置10は、イベント検出部12、アクティビティ検出部14、およびクロック制御部16から成る。

【0026】イベント検出部12には、システム・タイ

マー34、ローカル・バス36、およびシステム・バス38が接続されている。ローカル・バス36には、HDD(ハードディスク駆動装置)やグラフィックス表示機構(図示せず)など高速に動作する周辺装置が接続される。代表的例として、PCI(peripheral component interconnect)バスが挙げられる。システム・バス38は、キーボードやFDD(フロッピーディスク駆動装置)など低速に動作する周辺装置が接続される。代表例として、ISA(industry standard architecture)バスが挙げられる。

【0027】イベント検出部12は、ローカル・バス36およびシステム・バス38を常時監視しており、システム内のイベントを検出する。また、イベント検出部12にはシステム・タイマー34が入力する。システム・タイマー34は、OSが周期的に発生させる。その周期は、例えば、Windows 95(商標)では13.75ms、Windows 98(商標)では5msである。システム・タイマー34はストップ・ブレイク・イベントであり、ストップ・クロック状態にあるCPUを強制的にアクティブ状態へ復帰させる。さもないと、システムハングを引き起こしてしまうからである。イベント検出部12は、イベントを検出すると、アクティビティ検出部14に通知する。

【0028】アクティビティ検出部14は、イベント検出部12からイベントを検出した旨の通知を受けると、システムのアクティビティを調べる。その結果、前回の通知から現時点までの間にアクティビティが検出されていない場合にはシステムはアイドル状態にあるものと判断し、アクティビティが検出されている場合にはビジー状態にあるものと判断する。これらの判断結果は、クロック制御部16に通知する。

【0029】クロック制御部16は、モード設定部18、通常モード部20、および節電モード部22から成る。

【0030】モード設定部18は、電力管理装置10を通常モードおよび節電モードのうちのどちらのモードで動作させるかの設定を行なう。この設定は、例えばシステムの環境設定において行なう。モード設定部18は、設定内容に応じて通常モード部20および節電モード部22のどちらか一方を選択する。通常モード部20が動作する通常モードの下では、入力する外部クロック入力40をそのままCPU32の内部クロック42および周辺装置を駆動する外部クロック出力44として出力する。

【0031】節電モード部22は、上述した3つのCPUクロック制御手法(ストップ・グラント、ストップ・クロック、およびCPUスロットリング)を実行する。そのために、節電モード部22は、実行制御部24、ストップ・グラント実行部26、ストップ・クロック実行部28、およびCPUスロットリング実行部30から成

る。実行制御部24は、イベント検出部12およびアクティビティ検出部14からの通知に基づいてCPUクロック制御を実行する各部を制御する。ストップ・グラント実行部26は、上述したストップ・グラントを実行する。ストップ・クロック実行部28は、上述したストップ・クロックを実行する。CPUスロットリング実行部30は、上述したCPUスロットリングを実行する。

【0032】次に、図2に示すフローチャートを参照しながら、本発明の実施の一形態に係る電力管理方法を説明する。ここでは、システムの初期設定においてCPUスロットリングを選択した場合における電力管理方法を例にとる。

【0033】システムの初期設定においてCPUスロットリングを選択したので、電源投入時、システムはCPUスロットリングを実行している(ステップS51)。まず、CPUアイドル(CPU Idle)(ステップS52)が一定期間呼ばれなくなったことを検出する

(つまり、最近、CPUアイドルが呼ばれたか否かを検出する)(ステップS53)。NoならばステップS60へ進み、CPUスロットリングを継続する。Yesならば、ステップS54に進む。

【0034】ステップS54では、システムのアクティビティの有無をチェックする。前回のアクティビティ・チェック時から現時点までの間にアクティビティが検出されていない(No)場合にはシステムはアイドル状態にあるものと判断し、アクティビティが検出されている(Yes)場合にはビジー状態にあるものと判断する。システムがアイドル状態にあるNoの場合はステップS55へ進む。システムがビジー状態にあるYesの場合はステップS56へ進む。

【0035】ステップS55では、システムはストップ・クロック状態に入る。ステップS56では、システムはストップ・グラント状態に入る。

【0036】システムがストップ・グラント状態(ステップS56)にあるときに、ストップ・ブレイク・イベントを受けると(ステップS57)、CPUスロットリングを開始する(ステップS60)。

【0037】システムがストップ・クロック状態(ステップS55)にあるときに、ストップ・ブレイク・イベントを受けると(ステップS57)、アクティビティの有無をチェックする(ステップS58)。ストップ・ブレイク・イベントには、例えばキーボードからの入力やシステム・タイマーなどがある。アクティビティが検出された(Yes)場合にはシステムはビジー状態にあるものと判断して、ステップS60へ進む。アクティビティが検出されない(No)場合にはシステムはアイドル状態にあるものと判断して、ステップS59へ進む。

【0038】ステップS60では、CPUスロットリングを開始する。ステップS59では、CPUスロットリングを停止する。

【0039】次いで、ステップS59およびステップS60から、共にステップS53の判断へ戻る。以後、上記のステップを繰り返す。

【0040】上述したように、CPUスロットリングの停止は、システムがアイドル状態にある限り継続する。なぜならば、ステップS53でYesと判断され、ステップS54でNoと判断されると、ストップ・クロック状態に入る(ステップS55)が、ストップ・ブレイク・イベント(ステップS57)がシステム・タイマーである限り、ステップS58の判断はNoであり、ステップS59のCPUスロットリングの停止は継続するからである。

【0041】以上のように、この実施の形態によれば、システムがアイドル状態にありかつアクティビティが検出されない限り、CPUスロットリングの停止が継続するから、システムがストップ・クロック状態にある期間を十分長くとることができる。したがって、システムの消費電力を大幅に削減することができる。

【0042】上述した本発明の実施の一形態による、コンピュータ・システムにおける電力管理方法は、種々のプログラミング言語を用いてプログラムにすることができる。このプログラムは、ROMなどコンピュータ・システムに実装される記憶装置、フロッピー(登録商標)・ディスク(FD)、CD-ROM(コンパクト・ディスクを用いた読み取り専用メモリ)、およびMO(光磁気)ディスクなどの可搬記録媒体、あるいはネットワークに接続されたサーバ・コンピュータなどに設けられたファイル装置などのコンピュータ読み込み可能な記録媒体に記録することができる。

【0043】上述した本発明の実施の一形態に係る、コンピュータ・システムにおける電力管理装置および電力管理方法を適用するコンピュータ・システムの例を、図3を用いて説明する。

【0044】図3に示すコンピュータ・システム61は、CPU62、プロセッサ・バス63、ブリッジ回路A64、メイン・メモリ65、グラフィックス表示機構66、ローカル・バス67、ハードディスク駆動装置コントローラHDC68、ハードディスク駆動装置HDD69、ブリッジ回路B70、システム・バス71、フロッピー・ディスク駆動装置コントローラFDC72、フロッピー・ディスク駆動装置FDD73、キーボード/マウス・コントローラ74、キーボード/マウス75、ROM(read only memory)76、I/O(入出力)コントローラ77、ネットワーク78、電力管理装置79を主要部品として構成されている。

【0045】ローカル・バス67は、ハードディスク駆動装置HDD69など高速に動作する周辺装置を接続するバスである。例えば、PCIバスを用いる。PCI(peripheral component interconnect)バスは、PCIスペシャル・インタレスト・グループ(PCI Special I

nterest Group:米インテル社を中心として米IBM社や米コンパック・コンピュータ社など百数十社が参加した標準化団体)が策定したローカル・バス・アーキテクチャである。

【0046】システム・バス71は、フロッピー・ディスク駆動装置FDD73やキーボード/マウス75などの低速に動作する周辺装置を接続するバスである。例えば、ISAバスを用いる。ISA(Industry Standard Architecture)バス、米IBM社のパーソナルコンピュータPC/ATで採用された拡張バスを基本にして、国際的な標準規格とされた拡張バスである。

【0047】プロセッサ・バス63は、超高速に動作するバスである。CPU62の種類に依存するとともに、コンピュータ・メーカーが独自に作成している。

【0048】プロセッサ・バス63とローカル・バス67とは、ブリッジ回路A64によって架橋されている。ブリッジ回路A64は、例えばメモリ/PCI制御チップ・セットを用いて構成する。

【0049】グラフィックス表示機構66は、CRTやLCDなどの表示装置への出力を制御する。グラフィックス表示機構66とブリッジ回路A64との間は、例えばAGPバスによって接続する。AGP(accelerated graphics port)バスは、PCIバスを改良して、グラフィックス・カードなど画像表示に関連した回路を接続するための専用バスとしたものである。

【0050】ローカル・バス67とシステム・バス71との間は、ブリッジ回路B70によって架橋されている。ブリッジ回路B70は、例えばPCI-ISAブリッジ・チップによって構成する。

【0051】ハードディスク駆動装置HDD69は、オペレーティング・システム(OS)を始め種々のプログラムが格納している。なお、OSなどのシステム・プログラムやアプリケーション・プログラムは、ROM(read only memory;図示せず)などの他の記憶装置が格納する形態も採り得る。

【0052】電力管理装置79としては、図1に示す電力管理装置10を用いる。電力管理装置79には、システム・タイマー80および外部クロック入力81が入力している。また、電力管理装置79は、ローカル・バス67およびシステム・バス71を監視している。電力管理装置79は、CPU62の内部クロック82を出力したり、停止したりする制御を行なう。

【0053】以下、図3に示すコンピュータ・システム61の動作を説明する。上述したように、本発明の実施の一形態による、コンピュータ・システムにおける電力管理方法は、種々のプログラミング言語を用いてプログラム(以下、「電力管理プログラム」と呼ぶ)にすることができる。

【0054】このプログラムは、コンピュータ読み込み可能な記録媒体に記録される。記録媒体としては、RO

M(Read only memory)、EEPROM(electrically erasable programmable read only memory)およびフラッシュEEPROM(flashEEPROM)などのコンピュータ・システムに実装される記憶装置、フロッピー・ディスク(FD)、CD-ROM(コンパクト・ディスクを用いた読み取り専用メモリ)、およびMO(光磁気)ディスクなどの可搬記録媒体、あるいはネットワークに接続されたサーバ・コンピュータなどに設けられたファイル装置などを用いることができる。

【0055】記録媒体に記録された電力管理プログラムは、次のようにしてコンピュータ・システム61内に取り込む。

【0056】。取り込み方法は、記録媒体がコンピュータ・システム61に実装される記憶装置である場合には、2通りの方法に分かれる。記録媒体がROMのように読み出し専用の記憶装置の場合、半導体製造プロセスにおいて電力管理プログラムをROM中に焼き込む。その後、ROMをコンピュータ・システム61に実装する(例えば、図3に示したROM76がこの場合に相当する)。

【0057】記録媒体がEEPROMやフラッシュEEPROMなどのように電気的に書き込み可能であり、かつ読み出し専用である記憶装置(以下、「PROM」と呼ぶ)の場合には、次のようにする。PROM中には、上述した、この実施の形態に係る電力管理プログラムが有する機能を持たない旧電力管理プログラムが書き込まれている。そして、そのPROMがコンピュータ・システム61に実装されている。当該PROM中に書き込まれている電力管理プログラムを、旧電力管理プログラムからこの実施の形態に係る電力管理プログラムに更新するには、次のようにする。例えば、この実施の形態に係る電力管理プログラムを記録したFDをFDD73に装填して、そのFDに記録されている電力管理プログラムを読み込む。そして、当該電力管理プログラムをPROM中に上書きする。あるいは、PROM中の記憶内容を消去した後、当該電力管理プログラムを書き込む。当該電力管理プログラムを記録した記録媒体がCD-ROMやMOディスクなどの可搬記録媒体の場合も同様である。

【0058】記録媒体がネットワーク上のファイル装置である場合には、ネットワーク77を介して当該ファイル装置に記録されている、この実施の形態に係る電力管理プログラムをダウン・ロードする。そして、読み込んだ当該電力管理プログラムをPROMに書き込む。書き込み方法は、上述した方法と同様に上書き、あるいは消去後再書き込みによって行う。

【0059】以上のようにしてコンピュータ・システム61内に取り込んだ電力管理プログラムを用いて、オペレーティング・システム(OS)が電力管理装置78を再構成(reconfigure)する。これにより、

上述した本発明の実施の一形態に係る、コンピュータ・システムにおける電力管理装置78が得られる。

【0060】このようにして構成した電力管理装置78は、上述した本発明の実施の一形態に係る、コンピュータ・システムにおける電力管理方法を実行する。

【0061】

【発明の効果】以上のように、この発明に係るコンピュータ・システムにおける電力管理装置および電力管理方法によれば、CPUスロットリングを、システムがアイドル状態にあるときには停止させ、ビジー状態のときのみ行なうように構成したので、不要なCPUスロットリングが行なわれないから、システムの消費電力を大幅に削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態に係る電力管理装置を示す図である。

【図2】本発明の実施の一形態に係る電力管理方法を示すフローチャートである。

【図3】本発明の実施の一形態に係る、コンピュータ・システムにおける電力管理装置および電力管理方法を適用するコンピュータ・システムの例を示す図である。

【図4】ユーザがシステムの初期設定においてCPUスロットリングを選択した場合におけるCPUクロック制御手法の動作を示すフローチャートである。

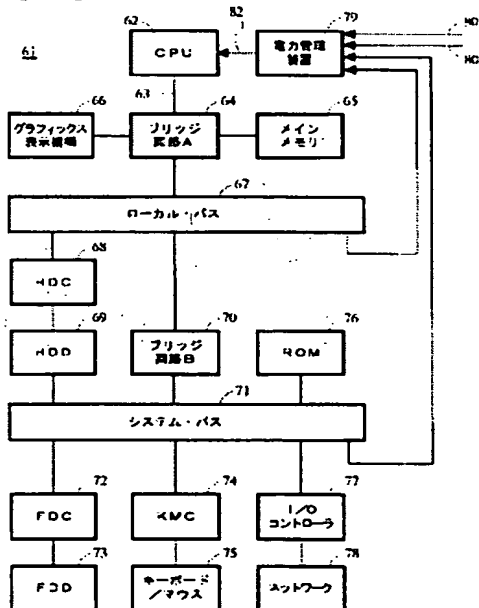
【図5】システムがアイドル状態にあるときにCPUスロットリングを実行した場合におけるCPUの状態の推移の例を示す図である。

【図6】システム・タイマーの違いによるCPUの状態の占有率を示す図である。

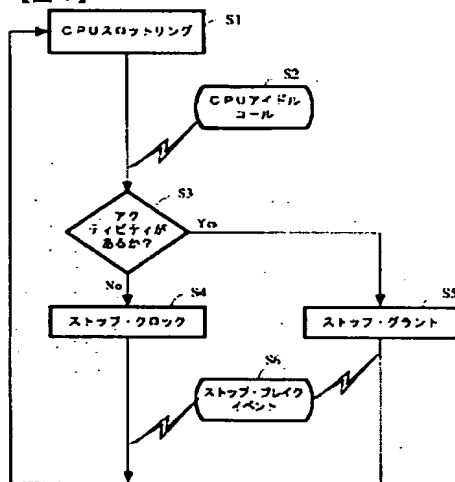
【符号の説明】

- 10 電力管理装置
- 12 イベント検出部
- 14 アクティビティ検出部
- 16 クロック制御部
- 18 モード設定部
- 20 通常モード部
- 22 節電モード部
- 24 実行制御部
- 26 ストップ・グラント実行部
- 28 ストップ・クロック実行部
- 30 CPUスロットリング実行部
- 32 CPU
- 34 システム・タイマー
- 36 ローカル・バス
- 38 システム・バス
- 40 外部クロック入力
- 42 内部クロック
- 44 外部クロック出力。

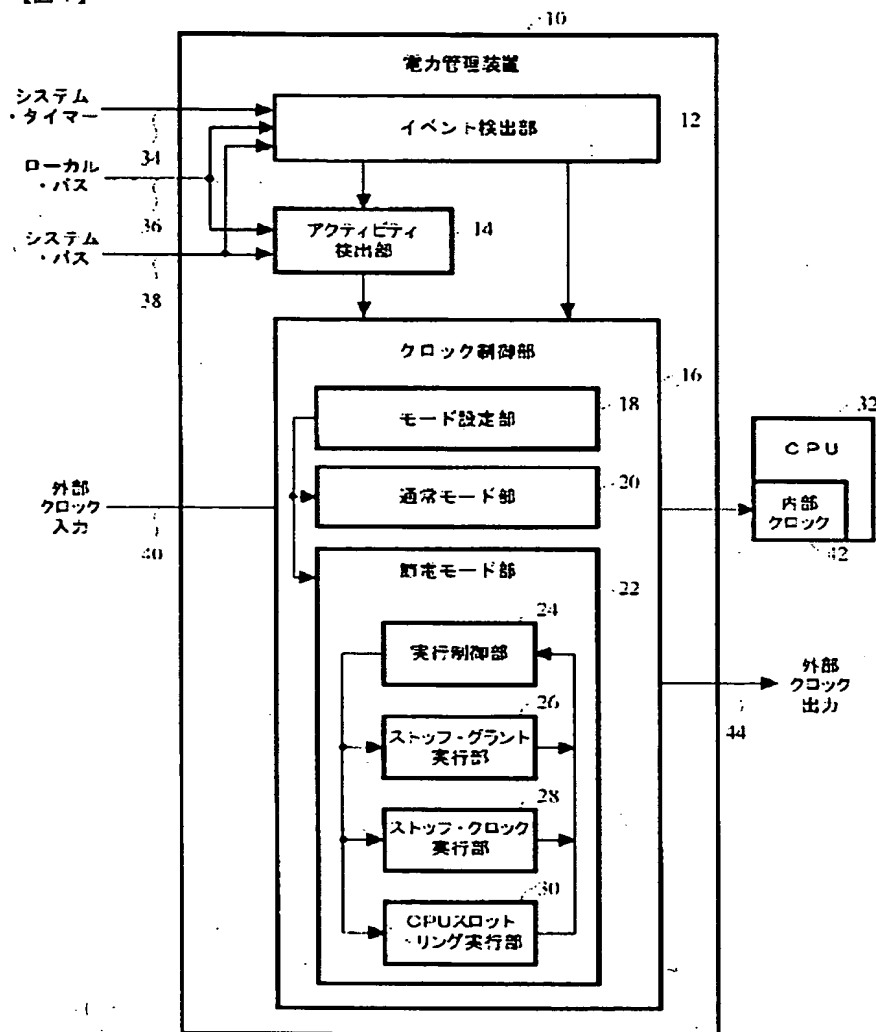
【図3】



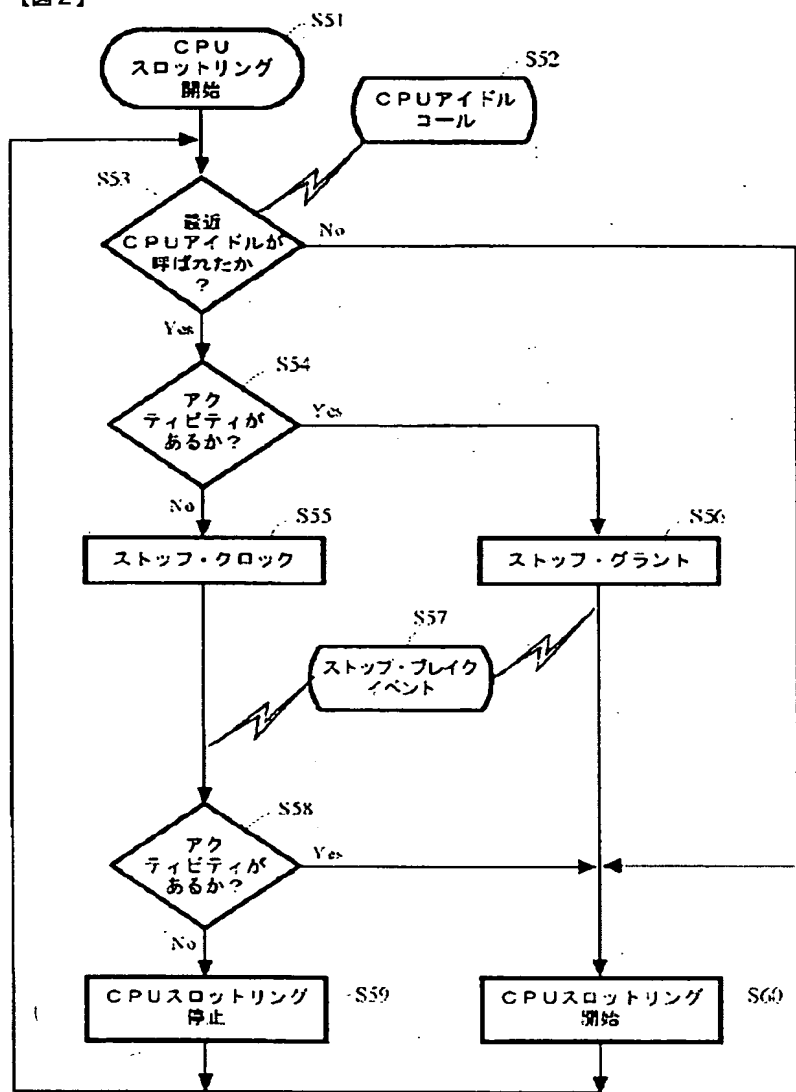
【図4】



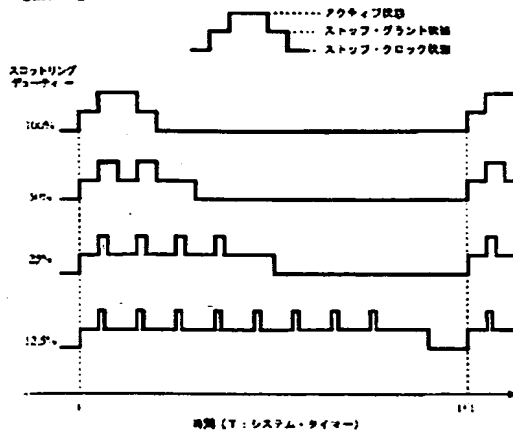
【図1】



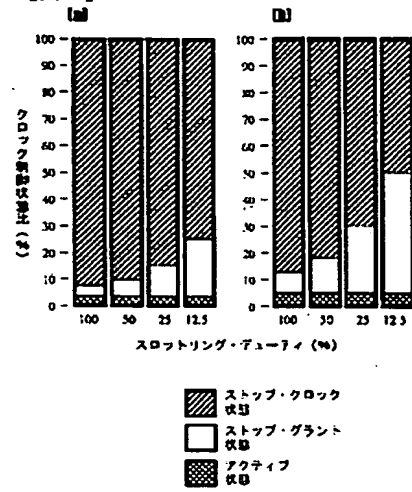
【図2】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 宮 村 剛 志
神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア
イ・ビー・エム株式会社 大和事業所内
(72)発明者 丸 一 智 己
神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア
イ・ビー・エム株式会社 大和事業所内

(72)発明者 菅 原 隆
神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア
イ・ビー・エム株式会社 大和事業所内
Fターム(参考) 5B011 KK03 LL13
5B079 BA01 BA11 BA12 BC01